

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-509149

(P2016-509149A)

(43) 公表日 平成28年3月24日 (2016. 3. 24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 0 3 G 6/00 (2006.01)	F 0 3 G 6/00 5 2 1	3 G 0 8 1
F 0 1 K 27/00 (2006.01)	F 0 1 K 27/00 Z	
F 2 4 J 2/42 (2006.01)	F 0 3 G 6/00 5 1 1	
	F 0 3 G 6/00 5 0 1	
	F 2 4 J 2/42 F	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 33 頁) 最終頁に続く		

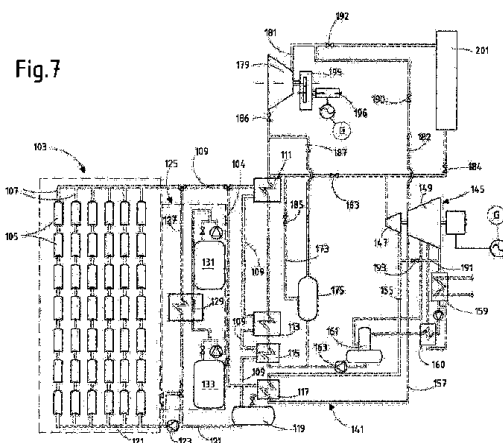
(21) 出願番号	特願2015-546018 (P2015-546018)	(71) 出願人	513243790
(86) (22) 出願日	平成25年12月5日 (2013. 12. 5)		ヌオーヴォ ピニオーネ ソチエタ レス
(85) 翻訳文提出日	平成27年7月9日 (2015. 7. 9)		ボンサビリタ リミタータ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2013/075719		NUOVO PIGNONE S. R. L
(87) 国際公開番号	W02014/086946		.
(87) 国際公開日	平成26年6月12日 (2014. 6. 12)		イタリア国 5 0 1 2 7 フィレンツェ
(31) 優先権主張番号	F12012A000273		ヴィア フェリーチェ マッテウッチ 2
(32) 優先日	平成24年12月7日 (2012. 12. 7)	(74) 代理人	100137545
(33) 優先権主張国	イタリア (IT)		弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 集光型太陽熱発電プラント及び方法

(57) 【要約】

集光型太陽熱発電 (C S P) プラントは、ソーラフィールド (1 0 3) と蒸気タービンシステムとを備える。蒸気タービンシステムは蒸気タービン装置 (1 4 7) を含む。蒸気タービン装置は、蒸気タービンシステム内で循環する作動流体を加熱することによって生成される過熱蒸気を受取る。プラントは、ソーラフィールド (1 0 3) からの太陽熱エネルギーを蒸気タービンシステムに伝達するように構成された熱伝達システムを更に備える。更に、補充エネルギー送出デバイス (1 7 9) が設けられ、補充エネルギー送出デバイス (1 7 9) は、ソーラフィールド (1 0 3) からの太陽熱エネルギーが過熱蒸気を生成するのに不十分であるときに、蒸気を過熱するように構成される。

【選択図】 図 7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

集光型太陽熱発電（CSP）プラント（101）であって、
ソーラフィールド（103）と、

蒸気タービンシステムであって、蒸気タービンシステム内で循環する作動流体を加熱することによって生成される過熱蒸気を受取る蒸気タービン装置（145）を備える、蒸気タービンシステムと、

前記ソーラフィールド（103）からの太陽熱エネルギーを前記蒸気タービンシステムに伝達するように構成された熱伝達システムと、

前記ソーラフィールドからの前記太陽熱エネルギーが十分な過熱蒸気を生成するのに不十分であるときに、前記蒸気を過熱するように構成された補充エネルギー送出デバイス（177）とを備え、前記補充エネルギー送出デバイス（177）は蒸気圧縮機（179）を備える、プラント（101）。 10

【請求項 2】

前記蒸気タービンシステムは、ランキンサイクルシステムを備える、請求項 1 記載のプラント（101）。

【請求項 3】

前記ソーラフィールド（103）から熱エネルギーを受取る熱伝達媒体回路と、作動流体回路（141）と、前記熱伝達媒体回路内で循環する前記熱伝達媒体からの熱エネルギーを前記作動流体に伝達するように構成され配置された熱交換器装置とを備える、請求項 1 又は 2 記載のプラント。 20

【請求項 4】

前記熱交換器装置は、蒸気発生器（113）及び過熱器（111）を備える、請求項 3 記載のプラント（101）。

【請求項 5】

前記作動流体回路（141）は、前記作動流体を、前記熱交換器装置から前記補充エネルギー送出デバイス（177）に、そして、前記補充エネルギー送出デバイス（177）から前記蒸気タービン装置（145）に選択的に迂回させるように構成され配置された 2 次回路（171）を備える、請求項 3 又は 4 記載のプラント（101）。 30

【請求項 6】

前記蒸気タービン装置（145）は、高圧蒸気タービン（147）及び低圧蒸気タービン（149）を備え、前記補充エネルギー送出デバイス（177）は、前記高圧蒸気タービン（147）をバイパスしながら、前記低圧蒸気タービン（149）に過熱蒸気を送出するように構成され配置される、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載のプラント（101）。 40

【請求項 7】

前記熱交換器装置は再加熱器（117）を備え、前記再加熱器（117）は、前記熱伝達媒体回路から熱エネルギーを受取り、前記高圧蒸気タービン（147）から部分的に膨張した蒸気を受取り、前記部分的に膨張した蒸気を再加熱し、前記再加熱された蒸気を前記低圧蒸気タービン（149）に送出するように構成され配置され、前記再加熱器（117）は、前記補充エネルギー送出デバイス（177）が動作中であるとき動作しない、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項記載のプラント（101）。 40

【請求項 8】

前記ソーラフィールド（103）から利用可能な前記太陽熱エネルギーに応じて、前記過熱器（111）は、

前記高圧蒸気タービン（147）、

又は、前記 2 次回路（171）及び前記補充エネルギー送出デバイス（177）と選択的に流体連通状態である、請求項 6 又は 7 記載のプラント（101）。

【請求項 9】

前記蒸気タービンシステムは、選択的に、 50

前記蒸気が太陽熱エネルギーによって過熱されると、機械パワーを生成するために前記高圧蒸気タービン（１４７）及び前記低圧蒸気タービン（１４９）内で前記過熱蒸気を順次膨張させるか、又は、

前記蒸気が前記補充エネルギー送出デバイス（１７７）によって送出されるエネルギーによって過熱されると、機械パワーを生成するために、前記高圧蒸気タービン（１４７）をバイパスし、前記低圧蒸気タービン（１４９）内で前記過熱蒸気を膨張させるように構成される、請求項６、７、又は８記載のプラント（１０１）。

【請求項１０】

前記蒸気圧縮機（１７９）は、モータ、好ましくは電気モータ（１９６）によって駆動される、請求項１乃至９のいずれか１項記載のプラント（１０１）。

10

【請求項１１】

前記蒸気圧縮機（１７９）は、前記蒸気タービンシステムによって駆動される、請求項１乃至１０のいずれか１項記載のプラント（１０１）。

【請求項１２】

高圧蒸気アキュムレータ（２０１）を備え、前記蒸気圧縮機（１７９）は、前記高圧蒸気アキュムレータ（２０１）又は前記蒸気タービン装置（１４５）に選択的に流体接続するように構成される、請求項１乃至１１のいずれか１項記載のプラント（１０１）。

【請求項１３】

前記補充エネルギー送出デバイス（１７７）は、前記蒸気を過熱するための前記作動流体に熱エネルギーを送出する予備過熱デバイス（３０１）を備える、請求項１乃至１２のいずれか１項記載のプラント（１０１）。

20

【請求項１４】

集光型太陽熱発電プラント（１０１）を動作させるための方法であって、

ソーラフィールド（１０３）によって太陽熱エネルギーを収集するステップと、

前記太陽熱エネルギーによって作動流体を加熱することによって過熱蒸気を生成するステップと、

前記過熱蒸気を蒸気タービン装置（１４５）内で膨張させ、前記膨張した過熱蒸気によって機械パワーを生成するステップと、

蒸気圧縮機（１７９）を備える補充エネルギー送出デバイス（１７７）によって送出される補充エネルギーによって前記太陽熱エネルギーを補充するステップとを含み、前記補充エネルギー送出デバイス（１７７）は、前記太陽熱エネルギーが十分な過熱蒸気を生成するのに不十分であるときに、前記蒸気を、第１の圧力レベルから第２の圧力レベルに圧縮することによって過熱して、前記蒸気タービン装置（１４５）に送出される蒸気を過熱する、方法。

30

【請求項１５】

前記ソーラフィールド（１０３）からの太陽熱エネルギーを第２の回路（１４１）に伝達するために第１の回路内で熱伝達媒体を循環させるステップと、

前記第２の回路（１４１）内で作動流体を循環させるステップであって、前記作動流体は、前記太陽熱エネルギーの少なくとも一部を、前記蒸気タービン装置（１４５）内の機械エネルギーに変換する熱力学サイクルを実施する、作動流体を循環させるステップと、

40

前記太陽熱エネルギーが十分な過熱蒸気を生成するのに不十分であるときに、前記作動流体にエネルギーを補充するための前記補充エネルギー送出デバイス（１７７）内で前記作動流体を処理するステップを含む、請求項１４記載の方法。

【請求項１６】

前記熱力学サイクルはランキンサイクルである、請求項１５記載の方法。

【請求項１７】

前記作動流体は、前記太陽熱エネルギーが過熱蒸気を生成するのに十分であるとき、高圧蒸気タービン（１４７）及び低圧蒸気タービン（１４９）内で前記過熱蒸気を順次膨張させられ、前記太陽熱エネルギーが補充エネルギー送出デバイス（１７７）によって送出される前記補充エネルギーによって補充されるとき、前記高圧蒸気タービン（１４７）が

50

バイパスされ、前記過熱蒸気が前記低圧蒸気タービン（１４９）内で膨張させられる、請求項１５又は１６記載の方法。

【請求項１８】

前記蒸気圧縮機（１７９）は、前記蒸気タービン装置（１４５）によって駆動される、請求項１５乃至１７のいずれか１項記載の方法。

【請求項１９】

前記蒸気圧縮機（１７９）は、モータ、好ましくは電気モータ（１９６）によって駆動される、請求項１５乃至１８のいずれか１項記載の方法。

【請求項２０】

集光型太陽熱発電プラント（１０１）を動作させるための方法であって、

10

ソーラフィールド（１０３）によって太陽熱エネルギーを収集するステップと、

第１の圧力レベルで液体状態の作動流体を加圧するステップと、

太陽熱エネルギーを前記加圧された作動流体に直接的に又は間接的に伝達し、前記加圧された作動流体を少なくとも部分的に蒸発させ、それにより、蒸気流を生成するステップと、

前記蒸気流を第２の圧力レベルに圧縮し、これにより補充エネルギーを前記蒸気流に送出することによって、前記蒸気流を過熱するステップと、

機械パワーを生成するために前記過熱された蒸気流を蒸気タービン（１４５）内で膨張させるステップとを含む、方法。

【請求項２１】

20

前記ソーラフィールド（１０３）からの前記太陽熱エネルギーを、閉じた熱伝達媒体回路を通して前記加圧された作動流体に間接的に伝達するステップを含む、請求項２０記載の方法。

【請求項２２】

高圧蒸気タービン（１４７）及び低圧蒸気タービン（１４９）を設けるステップと、

前記高圧蒸気タービン（１４７）をバイパスさせながら、前記低圧蒸気タービン（１４９）内で前記過熱された蒸気流を膨張させるステップとを含む、請求項２０又は２１記載の方法。

【請求項２３】

集光型太陽熱発電プラント（１０１）を動作させるための方法であって、

30

蒸気タービン装置（１４５）を設けるステップと、

ソーラフィールド（１０３）によって太陽熱エネルギーを収集するステップと、

太陽熱エネルギーを加圧された作動流体に伝達し、前記加圧された作動流体を少なくとも部分的に蒸発させ、それにより、蒸気流を生成するステップと、

前記太陽熱エネルギーが、前記蒸気タービン装置（１４５）内で膨張させるため前記蒸気流を過熱するのに不十分であるとき、前記作動流体を第１の圧力で加圧するステップと、前記蒸気流を過熱するため前記加圧された蒸気流に補充エネルギーを送出するステップと、前記過熱された蒸気流を前記蒸気タービン装置（１４５）の低圧セクション（１４９）に送出するステップと、前記過熱された蒸気流を前記低圧セクション（１４９）内で凝縮圧力まで膨張させ、それにより、機械パワーを生成するステップと、

40

前記太陽熱エネルギーが、前記蒸気タービン装置（１４５）内で膨張させるため前記蒸気流を過熱するのに十分であるとき、前記作動流体を前記第１の圧力より高い第２の圧力で加圧するステップと、前記過熱された蒸気流を前記蒸気タービン装置（１４５）の高圧蒸気タービンセクション（１４７）及び前記低圧蒸気タービンセクション（１４９）内で、前記第２の圧力から前記凝縮圧力まで順次膨張させ、それにより、機械パワーを生成するステップとを含む、方法。

【請求項２４】

前記蒸気流に補充エネルギーを送出する前記ステップは、前記蒸気流を前記第１の圧力及び前記第２の圧力の中間の第３の圧力で加圧すること、及び、前記低圧蒸気タービンセクション（１４９）内で前記過熱された蒸気流を前記第３の圧力から前記凝縮圧力まで膨張

50

させ、それにより、機械パワーを生成することを含む、請求項 2 3 記載の方法。

【請求項 2 5】

前記蒸気流に補充エネルギーを送出する前記ステップは、前記ソーラフィールド（1 0 3）と異なる熱源からの熱エネルギーによって前記蒸気流を加熱することを含む、請求項 2 3 又は請求項 2 4 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

記載した主題は、太陽熱エネルギーを使用して、必要に応じて電気エネルギーに変換される有用な機械エネルギーを生成するシステム、方法、及びプラントに関する。

10

【0 0 0 2】

より具体的には、記載した主題は、集光型太陽熱発電プラントに関し、ソーラフィールドが、太陽エネルギーを収集し、ソーラフィールドによって収集される熱を熱力学サイクルに伝えるために設けられ、熱エネルギーは、機械エネルギーに変換されて、機械パワーを電気パワーに変換するためのターボ機械又は発電機等の負荷を駆動する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

従来の太陽熱発電技術は、一般に、効率的な発電に必要とされる高圧及び高温が得られるように、太陽からのエネルギーを集束させるコレクタを含む。様々な種類のコレクタが当技術分野において知られている。コレクタは、通常、組合されて、いわゆるソーラフィールドを形成し、ソーラフィールドでは、複数のコレクタが太陽エネルギーを熱収集回路内に集光し、熱収集回路では、熱伝達流体又は熱伝達媒体が循環する。前記媒体は、収集された熱エネルギーを熱力学サイクル内に伝達する。

20

【0 0 0 4】

例えば、収集された太陽熱エネルギーは、ランキンサイクル内で使用されて、機械パワーを生成し、機械パワーは、必要に応じて、発電機によって電気パワーに変換され得る。

【0 0 0 5】

熱力学サイクルの効率、利用可能な太陽熱エネルギー、特に、熱力学サイクルにおいて達成され得る圧力及び温度条件に依存する。

【0 0 0 6】

ソーラフィールドによって収集され得るパワーは、天候条件並びに 1 日のうちの太陽の位置に強く依存する。従来技術の幾つかの実施形態では、熱収集及び貯蔵手段が、1 日のうちの中心部分の間に利用可能な過剰な熱エネルギーを貯蔵するために使用され、過剰な熱エネルギーは、利用可能な太陽エネルギーが少ない期間、熱力学サイクルの総合効率を改善するために使用され得る。これにもかかわらず、太陽熱発電プラントは、太陽パワー利用可能性が不十分であるか又は太陽パワーが欠如するため、1 日数時間、例えば、夜間及び日の出と日没中、ターンオフされなければならない。

30

【0 0 0 7】

図 1 は、現行技術の集光型太陽熱発電プラント 1 を示す。太陽エネルギーは、3 で概略的に示すソーラフィールドによって収集される。ソーラフィールド 3 は、例えばパラボラトラフの形態の複数の太陽集光器 5 からなり、太陽集光器 5 は、トラフの焦点内に配置され、熱伝導性材料で作られたパイプ 5 A であって、熱伝達媒体が流れる、パイプ 5 A 上に太陽エネルギーを集束させる。トラフ 5 の個々の列から熱エネルギーを収集するパイプ 5 A は、ダクト 7 に合流する。ダクト 7 内で流れる熱伝達媒体は、熱エネルギーをシステムに送出し、熱パワーが、例えば、蒸気タービンによるランキンサイクル等の熱力学サイクルによって、機械パワーに変換される。

40

【0 0 0 8】

所定のシーケンスで配置される複数の熱交換器 9、1 1、1 3、1 5 が使用されて、熱伝達媒体からの熱エネルギーを熱力学サイクルの作動流体に伝達する。熱交換器 9 は、過熱器であり、閉回路 1 7 内で循環する作動流体が過熱される。熱交換器 1 1 は、スチーム

50

発生器であり、作動流体が液体状態から飽和蒸気状態に変換される。作動流体が水である場合、蒸気は、水蒸気、すなわちスチームである。熱交換器 13 は、太陽予熱器の一部を形成し、スチーム又は蒸気に変換される前に、作動流体が液体状態に予熱される。

【0009】

熱交換器 15 は、太陽再加熱器の一部を形成し、太陽再加熱器の一部が使用されて、順次に配置される高圧スチーム又は蒸気タービン 19 及び低圧スチーム又は蒸気タービン 21 内で実施される第 1 の膨張ステップと第 2 の膨張ステップとの間で、閉回路 17 内で循環するスチーム又は蒸気を再加熱する。再加熱器に入る熱伝達媒体は、過熱器 9 に入る熱伝達媒体と同じ温度であり、ダクト 7 と再加熱器 15 との間の接続はバイパスライン 7A を通る。

10

【0010】

戻りダクト 23 は、熱交換器からの熱伝達媒体又は熱伝達流体をソーラフィールドに向けて戻す。膨張容器 24 が、戻りダクト 23 の上流に設けられる。

【0011】

バイパスライン 25 が設けられ、ソーラフィールド 3 によって収集される熱エネルギーが回路 17 によって必要とされる熱エネルギーより高いとき、及び／又は、熱力学サイクルがどんな理由であれシャットダウンされるとき、バイパスライン 25 を通して、一部の又は全体の熱伝達媒体流が迂回され得る。バイパスライン 25 を通して流れる熱伝達媒体内に含まれる熱は、熱交換器 27 内で、高温塩貯蔵タンク 29 内に収集される熱貯蔵媒体、例えば塩に伝達され得る。ソーラフィールド 3 によって収集される熱エネルギーが回路 17 内の熱力学サイクルを実行するのに不十分であるとき、熱交換器 27 を介して貯蔵タンク 29 から低温塩貯蔵タンク 31 に高温塩を圧送することによって、補充熱を、貯蔵タンク 29 内に貯蔵された高温塩によって提供でき、熱エネルギーが、熱貯蔵塩からの、バイパスライン 25 内で循環する熱伝達媒体への間接的熱交換によって伝達される。

20

【0012】

回路 17 内で循環する作動流体は、通常、いわゆるランキンサイクルを実施し、また通常、水である。幾つかの実施形態では、ランキンサイクルは、有機流体、例えばシクロペンタンを使用する有機ランキンサイクルであり得る。

【0013】

過熱器 9 によって送出される作動流体は、過熱された気体状態にあり、高温タービン 19 内で最初に膨張し、その後、低圧タービン 21 内で更に膨張する。1 回目の膨張と 2 回目の膨張との間で、太陽再加熱器 15 を含む回路 33 内で作動流体を循環させることによって作動流体が再加熱され得る。2 つのタービン 21 及び 19 が使用されて、発電機 22 を駆動し、発電機 22 は、次に、G で概略的に示す電気分配グリッドに電気パワーを送出し得る。

30

【0014】

低圧タービン 21 からの、使用済みの、必要に応じて部分的に凝縮されたスチーム又は蒸気は、凝縮器 35 内で凝縮され、またおそらく、例えば、低圧タービン 21 の中間段から流出する、部分的に膨張した蒸気又はスチームの側方流との熱交換によって低圧予熱器 37 内で予熱される。循環用ポンプ 39 は、作動流体を脱気器 41 に圧送する。給水ポンプ 40 は、脱気器 41 からの作動流体を、太陽予熱器 13、スチーム発生器 11、及び過熱器 9 を通して圧送する。

40

【0015】

図 2 は、ギアボックス 20 を通して互いに接続された高圧スチームタービン 19 及び低圧スチームタービン 21 を有する典型的なスチームタービン装置を示す。参照数字 15 は、やはり再加熱器を示す。ソーラフィールドが、最低負荷条件で熱力学サイクルを実行するのに十分なエネルギーを提供しない場合、熱力学サイクルはシャットダウンされなければならない。

【0016】

特に、利用可能な太陽エネルギーが最低閾値未満であり、また、利用可能な太陽エネル

50

ギーがスチームを過熱するのに不十分であるとき、従来技術の集光型太陽熱発電プラントの効率を改善することについての必要性が存在する。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0017】

【非特許文献1】GEYER UND H. KLAISS:「194 MW Solarstrom mit Rinnenkollektoren」BWK BRENNSTOFF WARME KRAFT, SPRINGER VDI VERLAG, DUSSELDORF, DE, vol. 41, no. 6, 1 June 1989 (1989-06-01), pages 288-295

10

【発明の概要】

【0018】

第1の態様によれば、集光型太陽熱発電(CSP: concentrated solar power)プラントが提供され、集光型太陽熱発電(CSP)プラントは、ソーラフィールドと、蒸気タービン装置を備える蒸気タービンシステムと、ソーラフィールドからの太陽熱エネルギーを蒸気タービンシステムに伝達するように構成された熱伝達システムとを備える。蒸気タービンシステムは、蒸気発生器装置、及び、タービンシステム内で循環する液体作動流体を過熱蒸気に変換する過熱器を備える。蒸気タービン装置は、過熱蒸気を受取るように構成される。過熱蒸気の膨張は、機械パワーを生成し、機械パワーは、発電機のため、機械的駆動用途のため、又は両方のために使用され得る。蒸気タービンシステムは、再加熱装置並びに／又は異なる蒸気圧で動作する1つ又は複数の順次に配置された蒸気タービン又はタービンセクションを含み得る。有利な実施形態によれば、プラントは、前記ソーラフィールドからの太陽熱エネルギーが過熱蒸気を生成するのに不十分であるとき、蒸気を過熱するように構成された少なくとも1つの補充エネルギー送出デバイスを更に備える。

20

【0019】

幾つかの実施形態では、蒸気システムは、作動流体として水(H₂O)を使用する。この場合、水蒸気、すなわちスチームが、熱力学サイクルにおいて処理される。

【0020】

補充エネルギー送出デバイスは、ソーラフィールドと異なる熱エネルギー源、例えば、熱回収プラント、又は、燃料、例えばバイオマスからのガスを燃焼させることによって熱を発生するシステム、又は同様なものを備え得る。

30

【0021】

特に有利な実施形態では、補充エネルギー送出デバイスは、機械エネルギー源、例えば、蒸気圧縮機を備え得る。蒸気圧縮機は、利用可能な太陽パワーを利用して生成された湿り蒸気、飽和蒸気、又は部分的に過熱された蒸気を処理して、蒸気を十分に過熱された状態にもたらす。

【0022】

幾つかの実施形態では、補充エネルギー送出デバイスは、2つ以上のエネルギー源、例えば、機械エネルギー源と熱エネルギー源を組合せて含み得る。

40

【0023】

補充エネルギーを使用して過熱された蒸気は、蒸気タービン装置内で膨張し得る。幾つかの実施形態では、膨張は、蒸気タービン装置のセクション内、例えば、低圧蒸気タービン内又は多段蒸気タービンの低圧段内だけで実施される。本開示及び添付特許請求の範囲では、用語「低圧タービン(low-pressure turbine)」及び「高圧タービン(high-pressure turbine)」は、別個の機械を指すか又はそうでなければ、単一蒸気タービンのセクション又は段を指し得る。したがって、幾つかの実施形態では、補充エネルギー送出デバイスが動作するとき、高圧蒸気タービンはバイパスされる。

【0024】

50

更なる態様によれば、集光型太陽熱発電プラントを動作させるための方法が提供される。幾つかの実施形態では、方法は、ソーラフィールドによって太陽熱エネルギーを収集すること、前記太陽熱エネルギーによって作動流体を加熱することによって過熱蒸気を生成すること、前記過熱蒸気を蒸気タービン装置内で膨張させ、膨張した過熱蒸気によって機械パワーを生成することを含む。方法は、補充エネルギー送出デバイスによって送出される補充エネルギーによって太陽熱エネルギーを補充することであって、太陽熱エネルギーが十分な過熱蒸気を生成するのに不十分であるときに、蒸気タービン装置に送出される蒸気を過熱する、補充することを更に含む。

【0025】

補充エネルギー送出デバイスによって送出される補充エネルギーは、集光型太陽熱発電プラントの動作可能性期間を延長し、利用可能な太陽パワーが十分な過熱蒸気を生成するのに不十分である期間中でも、有用な機械又は電気パワーの生成を可能にする。

【0026】

蒸気圧縮機が蒸気を過熱するための補充エネルギー源として使用される場合、蒸気圧縮機は、電気グリッドからの電気エネルギーによって、又は、太陽熱プラントの蒸気タービンによって生成される電気エネルギーを使用して、又は、蒸気タービンによって生成される機械エネルギーによって直接、駆動され得る。蒸気に送出される補充パワー又はエネルギーは、集光型太陽熱発電プラントの動作の延長期間によって生成され得る更なるパワーであって、補充エネルギー源によって太陽熱エネルギーに補充することによって取得され得る、更なるパワーより小さい。そのため、エネルギーバランスは、本開示のプラント及び方法が、有用なパワーの余剰の生成を可能にし、現行技術のプラントに対して集光型太陽熱発電プラントの総合パワー出力を改善する点でポジティブである。

【0027】

以降で、水及びスチーム、すなわち水蒸気を使用するシステムに対して参照が特に行われる。しかし、本開示は、より一般的に、任意の適した作動流体が使用され得るシステムを参照する。例えば、本開示のシステム及び方法は、有機作動流体を使用する有機ランキンサイクルに基づき得る。適した作動流体は、ペンタンか、シクロペンタンか、又は適した特性を有する他の炭化水素であり得る。

【0028】

特徴及び実施形態は、以降で開示され、本説明の一体部分を形成する添付特許請求の範囲で更に述べられる。上記簡潔な説明は、以下に続く詳細な説明がよりよく理解されることができるよう、また、本技術分野に対する本発明の寄与がよりよく認識されることができるよう、本発明の種々の実施形態の特徴を述べる。もちろん、以降で述べられることになり、添付特許請求の範囲で述べられることになる本発明の他の特徴が存在する。この点に関し、本発明の幾つかの実施形態を詳細に説明する前に、本発明の種々の実施形態が、以下の説明において述べられ図面に示される構成要素の構造及び装置にその適用が制限されないことが理解される。本発明は、他の実施形態が可能であり、また、種々の方法で実施され実行されることが可能である。同様に、本明細書で使用される言葉使い及び用語が、説明のためのものであり、制限的であると考えられるべきでないことが理解される。

【0029】

したがって、本開示が基づく概念が、本発明の幾つかの目的を達するための他の構造、方法、及び／又はシステムを設計するための基礎として容易に利用されることができるとを当業者は認識するであろう。したがって、特許請求の範囲が、本発明の精神及び範囲から逸脱しない限り、こうした等価な構成を含むものと考えられることが重要である。

【0030】

本発明の開示される実施形態及びそれらについての付随する利点のうちの多くの利点のより完全な認識は、開示される実施形態が、添付図面に関連して考えられると、以下の詳細な説明を参照してよりよく理解されるにつれて、容易に得られることになる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】従来技術による集光型太陽熱発電プラントを示す図である。

【図2】過熱スチームで働く高圧スチームタービンを有する集光型太陽熱発電プラントについての典型的な再加熱スチームタービン装置を示す図である。

【図3】本開示による集光型太陽熱発電プラントの第1の実施形態を示す図である。

【図3A-3B】本開示による集光型太陽熱発電プラントについての太陽集光器装置の2つの考えられる実施形態を示す図である。

【図4】本開示による修正式ランキンサイクルを使用する集光型太陽熱発電プラントについての圧力・エンタルピー線図である。

【図5】簡略化された装置の、本開示による修正式ランキンサイクルについての温度・エントロピー線図である。

【図6】再加熱サイクルを示す図5の図と同様の図である。

【図7】更なる実施形態の集光型太陽熱発電プラントを示す図である。

【図8】本開示による集光型太陽熱発電プラントの熱力学サイクルにおいて作動流体を過熱するための圧縮機装置の異なる実施形態を示す図である。

【図9】本開示による集光型太陽熱発電プラントの熱力学サイクルにおいて作動流体を過熱するための圧縮機装置の異なる実施形態を示す図である。

【図10】本開示による集光型太陽熱発電プラントの熱力学サイクルにおいて作動流体を過熱するための圧縮機装置の異なる実施形態を示す図である。

【図11】本開示による集光型太陽熱発電プラントの熱力学サイクルにおいて作動流体を過熱するための圧縮機装置の異なる実施形態を示す図である。

【図12】本開示による集光型太陽熱発電プラントの更なる実施形態を示す図である。

【図13】図12の集光型太陽熱発電プラントについてのモリエ（Mollier）線図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

例示的な実施形態の以下の詳細な説明は、添付図面を参照する。異なる図面における同じ参照番号は、同じ又は同様の要素を特定する。更に、図面は、必ずしも一定比例尺に従って描かれていない。同様に、以下の詳細な説明は本発明を制限しない。代わりに、本発明の範囲は添付請求の範囲によって規定される。

【0033】

本明細書全体を通して「1つの実施形態（one embodiment）」又は「或る実施形態（an embodiment）」又は「幾つかの実施形態では（in some embodiments）」に対する参照は、或る実施形態に関連して述べられる特定の特徴、構造、又は特性が、開示される主題の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。そのため、本明細書全体を通して種々の場所でフレーズ「一実施形態では（in one embodiment）」又は「或る実施形態では（in an embodiment）」又は「幾つかの実施形態では（in some embodiments）」が出現するが、必ずしも同じ実施形態（複数可）を参照している訳ではない。更に、特定の特徴、構造、又は特性は、1つ又は複数の実施形態において任意の適した方法で組合されることができる。

【0034】

幾つかの実施形態の以下の詳細な説明では、プラントは、作動流体として水及びスチームを使用するランキンサイクルに基づく熱力学サイクルを使用する。しかし、他の実施形態では、先に述べたように、異なる作動流体が使用され得る。有効な方法は、スチームの代わりに、蒸気というこうした異なる作動流体が生成され処理されることを除いて、実質的に同じであることになる。

【0035】

図3を参照すると、本開示による集光型太陽熱発電プラント101の主要な構成要素が述べられる。集光型太陽熱発電プラント101はソーラフィールド103を備える。ソー

10

20

30

40

50

ラフィールド 103 は複数の太陽集光器 105 を備える。図 3 の略図では、複数のトラフ集光器 105 を備えるソーラフィールド 103 は概略的に示される。集光器は、パラボラトラフ 105 の焦点に位置する複数のパイプ 107 上に太陽エネルギーを集束させる。図 3 A は、例として、パラボラミラー 105 A を含む 1 つのこうした太陽集光器 105 を示し、パラボラミラー 105 A の焦点にパイプ 107 が配置される。そのため、パイプ 107 内で流れる熱伝達流体は、トラフ 105 A によって収集される太陽エネルギーによって加熱される。

【0036】

当業者に知られている方法で、ソーラフィールド 103 は、通常、列で配置される多数の太陽集光器 105 を備え、各列は、パイプ 107 内で流れる熱伝達媒体内に熱エネルギーを収集するための 1 つのパイプ 107 を備える。トラフ 105 A は、最大の放射エネルギーを収集するため、1 日中太陽を追跡するように制御される。

10

【0037】

他の実施形態では、ソーラフィールド 103 は異なるように設計され得る。図 3 B は、例として、タワー 110 の上部のエリア 108 に太陽エネルギーを集束させるように配置される、複数の平面ミラー 106 を備えるソーラフィールド 103 を示す。エリア 108 には、ミラー 106 によって集束される太陽エネルギーによって加熱されるように熱交換器が設けられ、熱交換器を通して熱伝達媒体が循環する。ミラー 106 はモータ制御されて、エリア 108 上に集光される太陽エネルギーを最大にするように太陽を追跡する。

【0038】

20

ここで図 3 の実施形態を考えると、パイプ 107 は、送出ダクト 109 内に集められ、送出ダクト 109 は、ソーラフィールド 103 からの加熱された熱交換媒体を、熱交換器装置を通して送出する。幾つかの実施形態では、熱交換器装置は、以下で太陽過熱器 111、スチーム（すなわち、水蒸気）発生器又は蒸発器 113、及び太陽予熱器 115 と呼ばれる一連の熱交換器を備える。図示しない他の実施形態では、上述した熱交換器の 2 つ以上が互いに組合されて、単一ユニットを形成し得る。

【0039】

幾つかの実施形態によれば、太陽再過熱器 117 が更に設けられ、バイパスライン 104 内で流れる熱伝達媒体の一部が、太陽再過熱器 117 を通して送出される。ライン 104 内で流れる熱伝達媒体は、太陽過熱器 111、スチーム発生器 113、及び太陽予熱器 115 をバイパスする。他の実施形態では、再加熱器は設けられない。

30

【0040】

直列に配置される熱交換器 111 ~ 115 において、熱伝達媒体は、熱エネルギーを、閉回路内で循環する作動流体（後で述べる）に徐々に低くなる温度で伝達し、作動流体は、熱力学サイクル、例えば、ランキンサイクルを実施して、熱エネルギー又は熱を機械エネルギーに、最終的に電気エネルギーに変換する。

【0041】

熱交換器を通過した後、冷却された熱伝達媒体は、膨張容器 119 内に収集され、ポンプ 123 によって戻りダクト 121 に沿って再びソーラフィールド 103 内に戻るように圧送される。

40

【0042】

幾つかの実施形態では、中間熱エネルギー貯蔵装置 125 が、ソーラフィールド 103 から利用可能な過剰な熱エネルギーを貯蔵するために設けられ得る。幾つかの実施形態では、熱エネルギー貯蔵装置 125 は、送出ダクト 109 から高温熱伝達媒体を受取り、高温熱伝達媒体を、熱交換器 129 を通して送出するバイパスライン 127 を含み、熱エネルギーは、低温タンク 133 から高温タンク 131 へ流れる熱貯蔵媒体に伝達される。高温タンク 131 内に貯蔵される熱エネルギーは、必要とされるとき、例えば、ソーラフィールド 103 によって収集される太陽エネルギーが少ないとき、熱交換器 129 によって元の高温の伝達媒体になるように戻される。

【0043】

50

したがって、熱伝達媒体は、ソーラフィールド 103、太陽過熱器 111、スチーム発生器 113、及び太陽予熱器 115を含む熱交換器装置の高温側、太陽再加熱器 117、送出ダクト 109、及び戻りダクト 121を備える閉ループ又は回路内で循環する。

【0044】

ソーラフィールド 103によって収集される熱エネルギーは、熱伝達媒体によって熱交換器 111～117を通して、熱力学サイクルを実施する作動流体が循環する第2の閉回路 141に伝達される。

【0045】

閉回路 141は、太陽過熱器 111、スチーム発生器 113、太陽予熱器 115、及び太陽再加熱器 117の低温側を含む。

【0046】

太陽過熱器 111によって送出される過熱スチームは、ダクト 143を通してスチームタービン装置 145に向かって送出される。幾つかの実施形態では、スチームタービン装置 145は、所定のシーケンスで配置され、高圧ロータ及び低圧ロータをそれぞれ含む、第1の高圧スチームタービン 147及び第2の低圧スチームタービン 149を備える。高圧スチームタービン 147の高圧ロータ及び低圧スチームタービン 149の低圧ロータは、共通のタービンシャフト 151上に搭載され得る。タービンシャフト 151は、発電機 153に連結され、発電機 153は、タービンシャフト 151上で利用可能な機械パワーを電気パワーに変換し、電気パワーは電気分配グリッド Gに送出され得る。幾つかの実施形態では、低圧スチームタービン 149及び高圧スチームタービン 147は、図2の例によって示すように異なる回転速度で回転し得る。この場合、ギアボックス又は別の速度操作デバイスが、通常、高圧ロータシャフトと低圧ロータシャフトとの間に配置される。2つのロータによって形成されるシャフトライン及び2つのロータ間に配置されるギアボックスは、その後、一端で発電機 153に接続される。

【0047】

幾つかの実施形態では、スチームは、高圧スチームタービン 147内で部分的に膨張し、その後、ダクト 155を通して太陽再加熱器 117に送出される。太陽再加熱器 117では、部分的に膨張したスチームが、再加熱され、再加熱されたスチームが、ダクト 157を通して低圧スチームタービン 149の入口に送出される。

【0048】

スチームタービン装置 145を出る使用済みスチームは、凝縮器 159内で凝縮され、最終的に、脱気器 161を通して太陽予熱器 115に送出される。幾つかの実施形態では、低圧予熱器 160は、凝縮器 159と脱気器 161との間で、凝縮された作動流体の流路に沿って配置され得る。低圧予熱器 160内で、低圧の凝縮された作動流体は予熱され、低圧スチームタービン 149の中間段から流出するスチームの側方流に対して熱を交換する。

【0049】

ポンプ 163は、脱気器 161内に収集される水又は凝集された作動流体の圧力を、必要とされる上方圧まで高め、加圧された液体作動流体を、太陽予熱器 115を通して送出する。太陽予熱器 115から、依然として液体状態である加熱された作動流体が、スチーム発生器 113を通して送出され、作動流体が、気化し、飽和スチームに変換される。飽和スチームは、最終的に、太陽過熱器 111内で過熱される。

【0050】

スチームタービン装置 145を含むスチームタービンシステムは、熱力学サイクルを実施するため作動流体がそこを通して流れる配管並びに熱交換器、脱気器、及び凝縮器と共に、2次回路 171を更に備える。ソーラフィールド 103から利用可能な熱エネルギーが、太陽過熱器 111の出口において作動流体の適切な過熱状態を達成するのに不十分であるとき、作動流体は、2次回路 171内に迂回されて、補充エネルギー送出デバイスによって過熱される。

【0051】

10

20

30

40

50

幾つかの実施形態では、２次回路１７１は、太陽過熱器１１１からスチームタービン装置１４５に通じるダクト１４３と流体連通状態にある迂回ライン１７３を備える。迂回ライン１７３は、同様に水／スチーム分離器１７５と流体連通状態にあり得る。水／スチーム分離器１７５のスチーム出口は、補充エネルギー送出デバイス１７７の入口に接続され得る。

【００５２】

図３に示す実施形態では、補充エネルギー送出デバイス１７７はスチーム圧縮機１７９を備える。スチーム圧縮機１７９は、ターボ圧縮機、例えば、軸流圧縮機又遠心圧縮機であり得る。幾つかの実施形態では、スチーム圧縮機１７９は、１つ又は複数の圧縮機段又は別個の圧縮機機械を備え得る。水／スチーム分離器１７５からの飽和スチーム又は部分的に過熱されたスチームは、スチーム圧縮機１７９の吸引側に送出される。スチーム圧縮機１７９は、スチーム圧縮機１７９の出口で、スチームが、スチームタービン装置１４５内で膨張するのに適した過熱状態になることを保証するのに十分高い圧力まで飽和スチームを圧縮する。スチーム圧縮機１７９の送出側は、低圧スチームタービン１４９の入口とライン１８１を通して流体連通状態になるよう置かれ得る。以降でより詳細に述べるように、２次回路１７１は、ソーラフィールド１０３の動作条件に応じて、主スチーム回路に選択的に接続され得る又は主スチーム回路から分離され得る。

【００５３】

ダクト１４３に沿って、第１の弁１８３が配置され、第１の弁１８３は、熱力学サイクルの動作モードに応じて交互に開口又は閉鎖する。第２の弁１８５は迂回ライン１７３に沿って設けられ、第３の弁１８７は、水／スチーム分離器１７５の出口とスチーム圧縮機１７９の吸引側との間に配置される。

【００５４】

更なる第４の弁１８９は、ライン１８１に沿ってスチーム圧縮機１７９の送出側と低圧スチームタービン１４９の入口との間に配置される。

【００５５】

バイパス１９１は、ダクト１５５と低圧スチームタービン１４９の放出側との間に設けられ得る。弁１９３は、バイパスライン１９１上に設けられ得る。以降で更に詳細に述べるように、一定の動作条件下で、高圧タービン１４７は、バイパスされ、低圧スチームタービン１４９だけが動作する。この場合、高圧スチームタービン１４７の内部は、真空条件下に置かれなければならない。これは、弁１９３を開口させ、バイパスライン１９１を通して、動作していない高圧タービン１４７を凝縮器１５９に接続することにより得られる。

【００５６】

補充エネルギー送出デバイス１７７は、スチーム圧縮機１７９を駆動するためのムーバを更に備える。図３に示す実施形態では、ムーバは、電気モータ１９６を備える。電気モータ１９６は、電気分配グリッドＧによって又は発電機１５３によって直接電力供給され得る。電気モータ１９６の回転速度がスチーム圧縮機１７９の速度と異なる場合、ギアボックス１９５は、電気モータ１９６とスチーム圧縮機１７９との間に配置され得る。他の速度操作デバイスが、ギアボックスの代わりに使用され得る。

【００５７】

図３を参照してこれまでに述べた集光型太陽熱発電プラント１０１は次の通りに動作する。

【００５８】

通常の動作条件下で、十分な太陽エネルギーがソーラフィールド１０３によって収集されるとき、図３の集光型太陽熱発電プラント１０１は、実質的に現行技術のプラントと同じ方法で動作する。熱エネルギーは、ダクト１０９、１０４、１２１内で流れる熱伝達媒体によってソーラフィールド１０３から抽出されるため、太陽熱エネルギーは、第２の閉回路１４１のスチームタービンシステム内で循環する作動流体に伝達される。

【００５９】

スチームタービンシステム内で循環する作動流体は、ソーラフィールド103によって収集される熱パワーを、タービンシャフト151上で利用可能な機械パワーに変換するランキンサイクルを実施する。

【0060】

2次回路171が閉鎖される。弁183が開口している間に、弁185、187、及び189が閉鎖される。過熱スチームは、ダクト143に沿って高圧タービン147に流入する。部分的に膨張したスチームは、再加熱器117内で再過熱され、最終的に、低圧スチームタービン149内で膨張する。使用済みのスチームは、凝縮器159内で凝縮され、水が加熱される太陽予熱器115に送出され、その後、スチーム発生器113内でスチームに変換され、太陽過熱器111内で再び過熱される。

10

【0061】

ソーラフィールド103から利用可能な熱パワーが、太陽過熱器111の出口において過熱作動流体の適切な流れを生成するのに不十分である場合、スチームタービンシステムは、修正式動作モードに切り換えられ、作動流体は、補充エネルギー送出デバイス177を使用して過熱される。弁185、187、及び189が開口している間に、弁183が閉鎖する。

【0062】

飽和したスチーム条件下の又は不十分に過熱された条件下の作動流体は、迂回ライン173を通して水／スチーム分離器175内に送出される。水は、水／スチーム分離器175の底部から排出され、太陽予熱器115に戻るように流れ、一方、飽和スチームは、弁187を通してスチーム圧縮機179内に送出される。スチーム圧縮機179は、実質的に断熱的な圧縮ステップでスチームの圧力を増加させることによってスチーム内のエネルギーを導入する。したがって、スチーム圧縮機179によって送出されるスチームは、過熱条件下にあり、かつ、太陽過熱器111の出口圧力より高い圧力にある。通常、圧縮機送出圧力は、集光型太陽熱発電プラント101が設計条件下で動作するとき、すなわち、スチームが太陽エネルギーを使用して過熱されると、太陽過熱器111によって送出される過熱スチームの圧力より低い。

20

【0063】

過熱され部分的に加圧されたスチームが、弁189を通して高圧スチームタービン147をバイパスしながら低圧スチームタービン149に送出される。低圧スチームタービン149を通して流れることによって、スチームは膨張し、スチームに含まれるエネルギーが、タービンシャフト151上で利用可能な機械パワーに変換される。低圧スチームタービン149を出る使用済みのスチームは、凝縮器159内で凝縮され、太陽予熱器115、スチーム発生器113、及び太陽過熱器111を通して液相で再び送出されるまで、更なる通常の変換を受ける。

30

【0064】

これらの修正式動作条件下で、再加熱器回路並びに高圧スチームタービン147は動作せず、弁183は閉鎖する。

【0065】

図4は、図3の集光型太陽熱発電プラントの異なる動作条件を示す圧力／エンタルピー線図を示す。

40

【0066】

通常的设计条件下で、回路141内の作動流体によって実施される熱力学サイクルは点A、B、C、D、及びEで示される。例示的な実施形態では、サイクル内の低い圧力は約0.05 barであり、前記圧力は凝縮器システム159によって達成され、凝縮物は凝縮物ポンプによって低圧加熱器（複数可）160を通して脱気器内に圧送される。給送ポンプ163は、流体圧力を脱気器161内の圧力から例えば約100 barの高サイクル圧力まで高め、流体は、Cで終了する水／スチーム相変化を開始する前に点Bまで過熱され、前記点は飽和ライン上にある。飽和スチームは、その後過熱され、太陽過熱器111の出力における作動流体条件を示す点Dに達する。過熱スチームは、スチームタービン装

50

置 1 4 5 内で点 D から点 E まで膨張する。図 4 の概略線図では、スチーム再加熱が省略される。

【0067】

最低負荷条件下で、ランキンサイクルは曲線 A F G H で規定される。高圧スチームタービンの動作に適する過熱による、例えば約 17.6 bar の上方作動流体圧力は、約 8 bar の飽和スチーム圧力から達成される。前記上方圧力値は、設計条件の圧力より実質的に低い。十分な太陽エネルギーが、点 G から点 H までスチームを過熱する場合に利用可能であり、加熱スチームは、その後、スチームタービン装置 1 4 5 内で膨張する。この場合も、再加熱は線図に示されない。

【0068】

利用可能な太陽エネルギーが更に少ない場合、集光型太陽熱発電プラントは、標準的なランキンサイクルを実施できないことになる。したがって、プラントは、修正式動作モードに切換えられ、補充エネルギーが補充エネルギー送出デバイス 1 7 7 によって作動流体に送出される。作動流体によって実施される熱力学サイクルは、この場合、曲線 A I J H E で示される。サイクルは、通常サイクルの最低動作圧力より低い上方圧力、例えば、約 8 bar の上方圧力で動作する。曲線の点 I と点 J との間でソーラフィールド 1 0 3 から利用可能な太陽エネルギーを使用して水が加熱され、点 J にて飽和スチームに変換される。点 J は、太陽過熱器 1 1 1 の出口における飽和スチームの条件を示す。これらの条件下で、過熱器 1 1 1 は、実際に、スチーム発生器交換器として動作する。その理由は、過熱器によって送出されるスチームが飽和状態又はほぼ飽和状態になるからである。Δ E S はソーラフィールド 1 0 3 によって提供されるエネルギーである。飽和スチームは、その後、スチーム圧縮機 1 7 9 を通して送出され、過熱状態の例えば約 17.6 bar の高圧の点 H で示す状態にもたらされる。Δ E S はスチーム圧縮機 1 7 9 によって供給されるエネルギーを示す。点 H から点 E へのその後のスチーム膨張は、機械エネルギーを提供する。Δ E S は、低圧スチームタービン 1 4 9 によって生成される有用な機械エネルギーである。

【0069】

図 5 は、温度・エントロピー線図上の同じ熱力学サイクルを示す。この場合も、再加熱ステップは示されない。

【0070】

図 4 及び図 5 の両方の線図では、熱力学サイクルは、再加熱が提供されない簡略化された実施形態で示された。同じ考察が再加熱されるサイクルの場合に当てはまる。図 6 は、高圧スチームタービン 1 4 7 内で膨張した後にスチームを再加熱することを通常の動作条件が可能にする状況において、図 5 と同じ曲線を示す。この場合、通常の動作条件において、すなわち、ソーラフィールド 1 0 3 が、ランキンサイクルにおいてスチームを過熱するのに十分な太陽パワーを送出するとき、スチームは、点 D まで過熱され、点 D 1 まで高圧スチームタービン 1 4 7 内で膨張し、その後、再加熱器 1 1 7 内で再加熱されて、点 D 2 に達する。そこから、再加熱されたスチームは、低サイクル圧力まで低圧スチームタービン 1 4 9 内で膨張して、凝縮する（点 A）。曲線 A、I、J、H、E は、修正式動作条件における熱力学サイクルを示し、過熱（曲線 J H）はスチーム圧縮機 1 7 9 によって実施される。

【0071】

図 4、図 5、及び図 6 で報告される圧力値及び温度値は、制限的でなく、例示的であると考えられる。

【0072】

図 3 の例示的な実施形態では、スチーム圧縮機 1 7 9 は、太陽エネルギーが標準的なランキンサイクルによってタービンを動作させるのに不十分であるときに、飽和スチームを過熱させるために使用されるだけである。他の実施形態では、スチーム圧縮機 1 7 9 は、更なる機能のためにも使用され得る。

【0073】

10

20

30

40

50

図7は、例えば、通常モードにおける、すなわち、スチーム過熱が太陽過熱器111内の太陽エネルギーによって得られるときのランキンサイクルの動作中に、スチーム圧縮機179が使用される実施形態を示す。これらの動作条件下で、スチーム圧縮機179は、設計点圧力より高い圧力で、例えば、ランキンサイクルの上方動作圧力の2倍の圧力でスチームを貯蔵するために使用される。高圧で貯蔵されたスチームは、ランキンサイクルの動作期間を延長するために使用され得る。図7では、図3の場合と同じ要素は同じ参照番号をラベル付けされる。

【0074】

スチーム圧縮機179の吸引側は、弁187を介して水／スチーム分離器175に、又は、弁186を介して太陽過熱器111に直接、流体接続され得る。スチーム圧縮機179の送出側は、低圧スチームタービン149の入口と、又は代替的に、スチーム貯蔵タンク201とライン181を通して流体連通状態に置かれ得る。更なる弁190が、ライン181から分岐したライン182上に設けられる。

【0075】

スチーム圧縮機179が、太陽過熱器111から迂回するスチームを過熱するために使用されるとき、弁189及び190は共に開口する。ライン182の接続部とスチーム貯蔵タンク201との間に配置される弁192は閉鎖する。太陽過熱器111とスチーム圧縮機179との間の弁186もまた閉鎖する。これらの条件下での動作は、図3の実施形態を参照して上述した動作と同じである。

【0076】

十分な太陽エネルギーがソーラフィールド103から利用可能であるとき、過熱スチームの一部は、弁186を通してスチーム圧縮機179に送出され得る。スチーム圧力は、例えば、熱交換器装置111、113、117内の圧力の2倍の圧力まで高められる。加圧されたスチームはスチーム貯蔵タンク201内に貯蔵される。弁190は閉鎖し、弁192は開口する。スチーム貯蔵タンク201を高圧スチームタービン147の入口に接続する弁184は閉鎖する。ソーラフィールド103によって収集される太陽エネルギーが、過熱ストリームの必要とされる流れを生成するのに不十分であるとき、スチーム貯蔵タンク201内に貯蔵された圧縮済み過熱ストリームが、一時的に使用されて、弁184を開口し弁183を閉鎖することによって高圧スチームタービン147及び低圧スチームタービン149を駆動し、したがって、高圧スチームタービン147が、その間、動作し得る期間を延長し得る。

【0077】

図3及び図7に示す実施形態では、スチーム圧縮機179は、ギアボックス195を通して電気モータ196によって駆動される。他の実施形態は、スチーム圧縮機179を駆動する異なる方法を可能にする。

【0078】

図8～11は、異なるスチーム圧縮機駆動システムの4つの代替の実施形態を概略的に示す。図8では、スチーム圧縮機179は、ギアボックス195を通して電気モータ196によって駆動される。これは、図3及び図7に示すプラント内で使用される例示的な装置である。図9では、スチーム圧縮機179は、スチームタービン装置145によって駆動される。クラッチ211は、スチームタービン装置145のシャフト151をギアボックス195に選択的に接続し、シャフト151を前記ギアボックス195から外す。回転運動が、スチームタービンシャフト151からクラッチ211及びギアボックス195を通して伝達される。出力タービンシャフト151上で利用可能な機械パワーは、スチーム圧縮機179を駆動するために直接使用される。

【0079】

図10に示す更なる実施形態によれば、スチーム圧縮機179は、スチームタービンシャフト151を通して直接送出される機械パワーによって駆動される。この実施形態では、クラッチ211は、スチームタービン装置145とスチーム圧縮機179との間に配置される。しかし、この実施形態では、図9の実施形態と異なって、スチーム圧縮機179

は、タービンシャフト 1 5 1 と同じ速度で駆動されるため、ギアボックスはなしで済まされ得る。

【0080】

図 1 1 は、スチームタービン装置 1 4 5 によって生成される機械パワーによって、及び／又は、電気モータ 1 9 6 によって、スチーム圧縮機 1 7 9 が二者択一で又は組合せて駆動される更なる実施形態を更に示す。第 1 のクラッチ 2 1 1 A は、選択的に、電気モータ 1 9 6 をスチーム圧縮機 1 7 9 に接続するか又は電気モータ 1 9 6 をスチーム圧縮機 1 7 9 から外すために配置される。第 2 のクラッチ 2 1 1 B は、スチームタービン装置 1 4 5 とスチーム圧縮機 1 7 9 との間に配置される。第 2 のクラッチ 2 1 1 B は、選択的に、スチームタービン装置 1 4 5 をスチーム圧縮機 1 7 9 に接続するか又は 2 つの機械の一方を他方から外し得る。図 1 1 の装置が使用されて、スチーム圧縮機 1 7 9 を、電気モータ 1 9 6 だけによって、スチームタービン装置 1 4 5 だけによって、又は、電気モータ 1 9 6 とスチームタービン装置 1 4 5 の組合せによって駆動し得る。ムーバ 1 9 6、1 4 5 の一方又は他方の選択は、或る所与の動作条件下で必要とされる、利用可能なパワー又は回転速度に依存し得る。2 つのムーバ 1 9 6、1 4 5 の一方又は他方を選択するとき、他のパラメータが考慮され得る。図示しない他の実施形態では、ギアボックスは、クラッチ 2 1 1 A とスチーム圧縮機 1 7 9 との間、及び／又は、クラッチ 2 1 1 B とスチーム圧縮機 1 7 9 との間に配置され得る。

10

【0081】

図 8 ~ 11 では、高圧スチームタービン 1 4 7 及び低圧スチームタービン 1 4 9 は、単一シャフト 1 5 1 を備える。2 つのスチームタービン 1 4 7、1 4 9 のロータは、こうした場合、同じ回転速度で回転する。他の例示的な実施形態では、2 つのスチームタービンは、異なる速度で回転し、ギアボックス（図示せず）又は異なる速度操作デバイスは、低圧タービンシャフトと高圧タービンシャフトとの間に配置され得る。

20

【0082】

更なる実施形態では、異なる補充エネルギー送出デバイスが、スチーム圧縮機 1 7 9 の代わりに使用され得る。

【0083】

図 1 2 は、集光型太陽熱発電プラントであって、過熱スチームを生成するために不十分な太陽エネルギーが利用可能であるときにプラントを動作させるため、スチームタービン装置及び補充エネルギー送出デバイスを使用する、集光型太陽熱発電プラントを示す。図 3 で使用される同じ参照番号が使用されて、システムの、同じか又は等価な要素、構成要素、又は部分を示す。

30

【0084】

図 1 2 の実施形態では、予備加熱デバイス 3 0 1 が、スチーム圧縮機 1 7 9 の代わりに使用される。予備加熱デバイス 3 0 1 は、例えば、ガスバーナ及び／又は液体燃料バーナを含んで、熱エネルギーを生成することができ、熱エネルギーは、水／スチーム分離器 1 7 5 からやって来る飽和した又は部分的に過熱されたスチームに送出される。したがって、この実施形態では、補充エネルギーが、機械エネルギーの形態ではなく熱エネルギーの形態で、回路 1 4 1 内で循環する作動流体に送出される。スチームは、スチームの圧力を増加させることなく過熱される。

40

【0085】

補充エネルギー送出デバイス 3 0 1 からの過熱スチームは、凝縮器 1 5 9 内に収集され凝縮される前に、再び、低圧スチームタービン 1 4 9 に送出され、低圧スチームタービン 1 4 9 内で膨張して、機械パワーを生成する。

【0086】

図 1 3 は、図 6 の線図と同様のモリエ線図を示し、エネルギーを作動流体に補充する 2 つの代替の方法が比較される。

【0087】

飽和ライン S L 上で点 P 5 で終了する曲線 C 5 は気化ステップを示す。点 P 5 から、飽

50

和スチームは、スチーム圧縮機 179（図 3）を使用する圧縮によってライン C 6 に沿って過熱され、点 P 6 に達し得る。代替的に、図 12 の装置が使用される場合、スチームは、補充エネルギー送出デバイス 301 からの熱パワーによって過熱される。過熱曲線は、この場合、ライン C 7 で示され、点 P 7 で終了する。点 P 6 又は P 7 から、過熱スチームは、0.08 bar（点 P 8）まで膨張する。

【0088】

本明細書で述べる主題の開示される実施形態が、図面に示され、幾つかの例示的な実施形態に関連して綿密かつ詳細に十分に上述されたが、本明細書で述べる新規な教示、原理、及び概念、及び、添付特許請求の範囲で述べる主題の利点から実質的に逸脱することなく、多くの修正、変更、及び省略が可能であることが当業者に明らかになるであろう。したがって、開示される技術革新の適切な範囲は、全てのこうした修正、変更、及び省略を包含するために、添付特許請求の範囲の最も広い解釈だけによって決定されるべきである。更に、任意のプロセス又は方法ステップの順序又はシーケンスは、代替の実施形態に従って変更又は再順序付けされる場合がある。

【符号の説明】

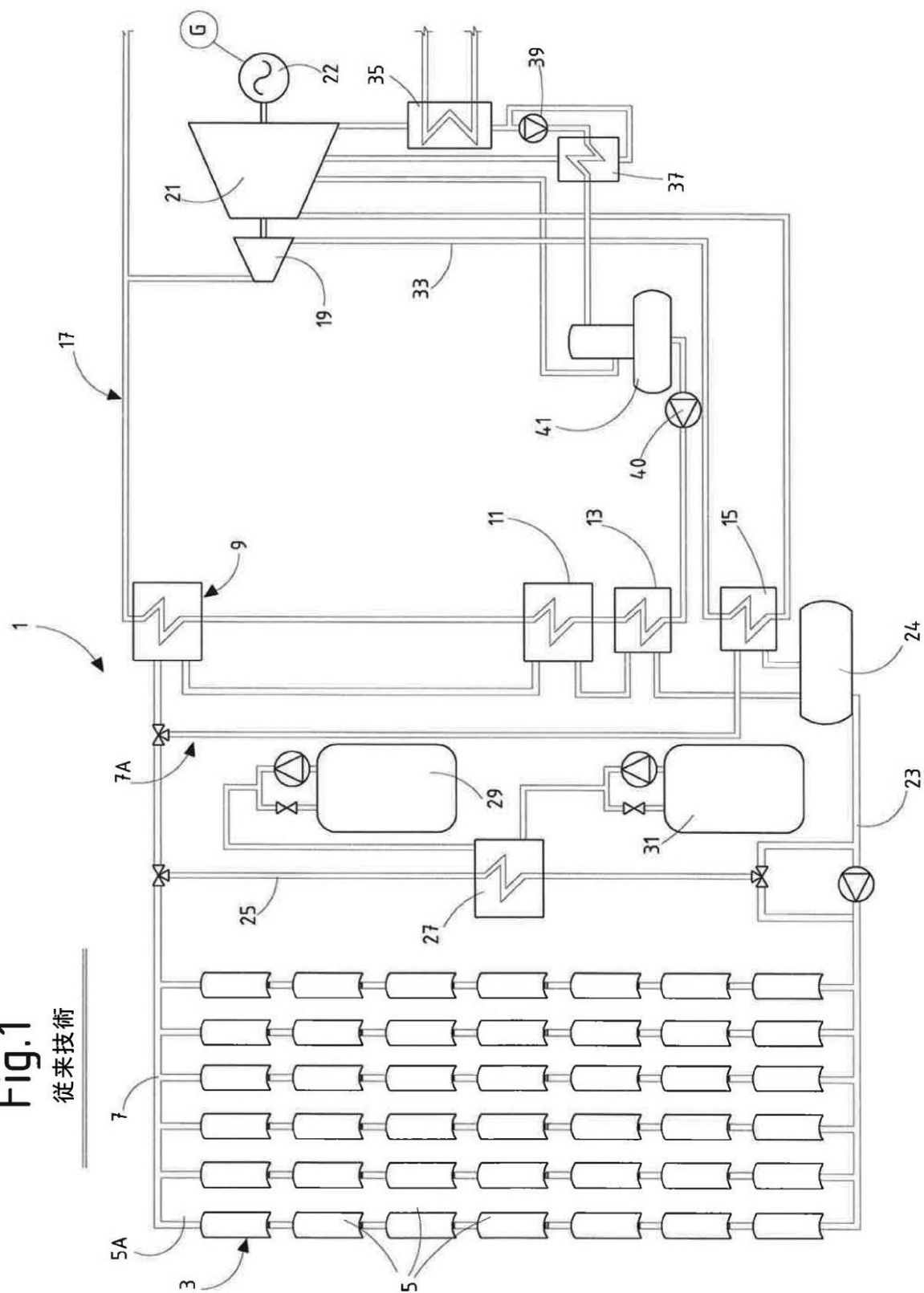
【0089】

101	集光型太陽熱発電プラント	
103	ソーラフィールド	
105	パラボラトラフ（トラフ集光器）	
105A	パラボラミラー	20
106	平面ミラー	
107	パイプ	
108	上部のエリア	
109	送出ダクト	
110	タワー	
111	太陽過熱器	
113	スチーム（すなわち、水蒸気）発生器又は蒸発器	
115	太陽予熱器	
117	太陽再過熱器	
119	膨張容器	30
121	戻りダクト	
123	ポンプ	
125	中間熱エネルギー貯蔵装置	
127	バイパスライン	
129	熱交換器	
131	高温タンク	
133	低温タンク	
141	閉回路	
143	ダクト	
145	スチームタービン装置	40
147	高圧スチームタービン	
149	低圧スチームタービン	
151	タービンシャフト	
153	発電機	
155	ダクト	
157	ダクト	
159	凝縮器	
160	低圧予熱器	
161	脱気器	
163	ポンプ	50

- 1 7 1 2 次回路
- 1 7 3 迂回ライン
- 1 7 5 水／スチーム分離器
- 1 7 7 補充エネルギー送出デバイス
- 1 7 9 スチーム圧縮機
- 1 8 1 ライン
- 1 8 3 弁
- 1 8 5 弁
- 1 8 7 弁
- 1 8 9 弁
- 1 9 1 バイパス
- 1 9 3 弁
- 1 9 5 ギアボックス
- 1 9 6 電気モータ
- 2 0 1 スチーム貯蔵タンク
- 2 1 1 クラッチ
- 2 1 1 A クラッチ
- 2 1 1 B クラッチ
- 3 0 1 予備加熱デバイス（補充エネルギー送出デバイス）

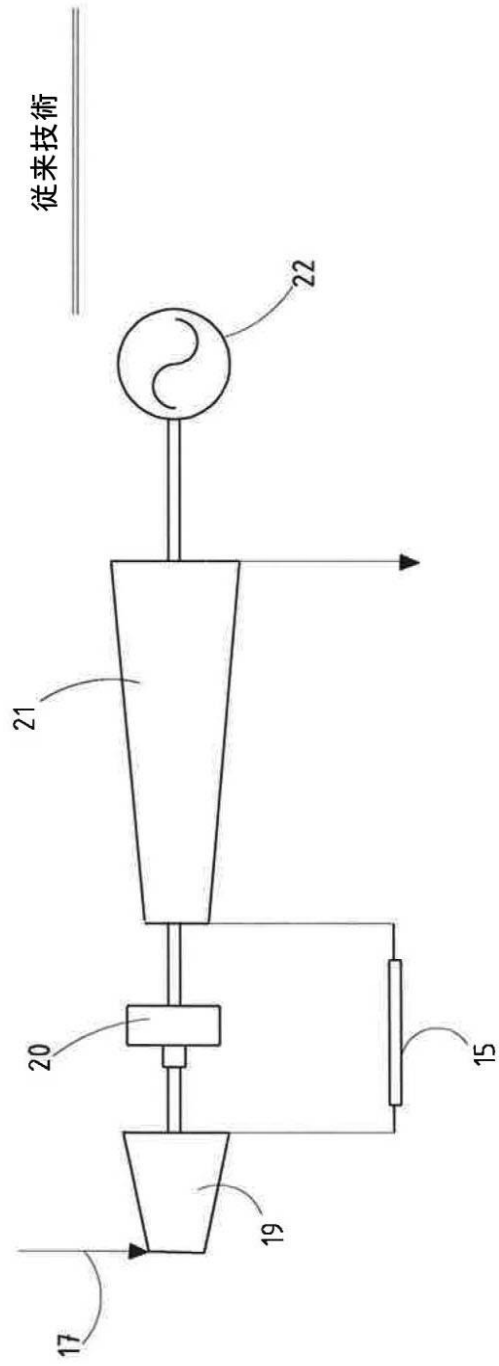
Fig. 1

従来技術

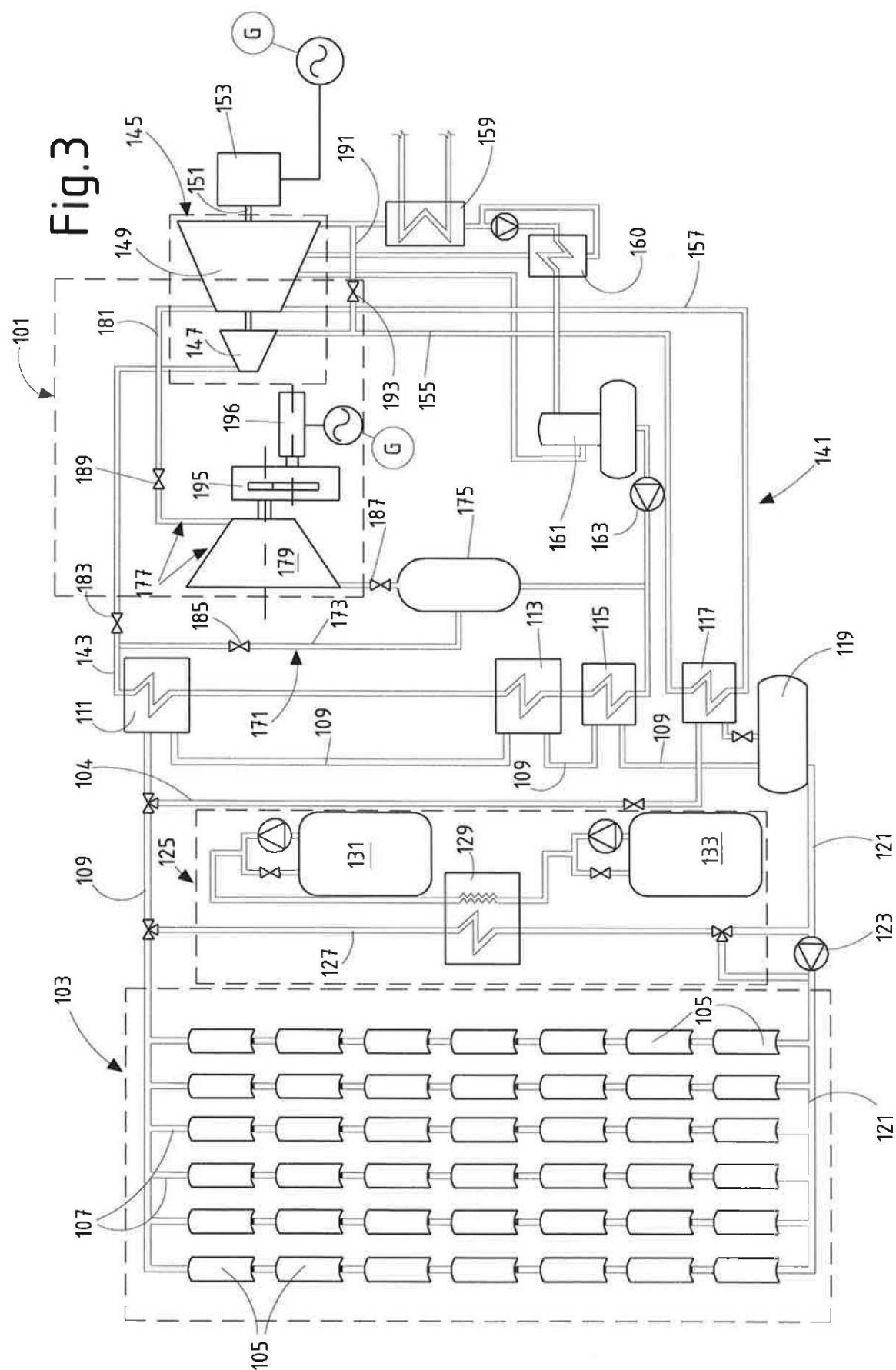


【図 2】

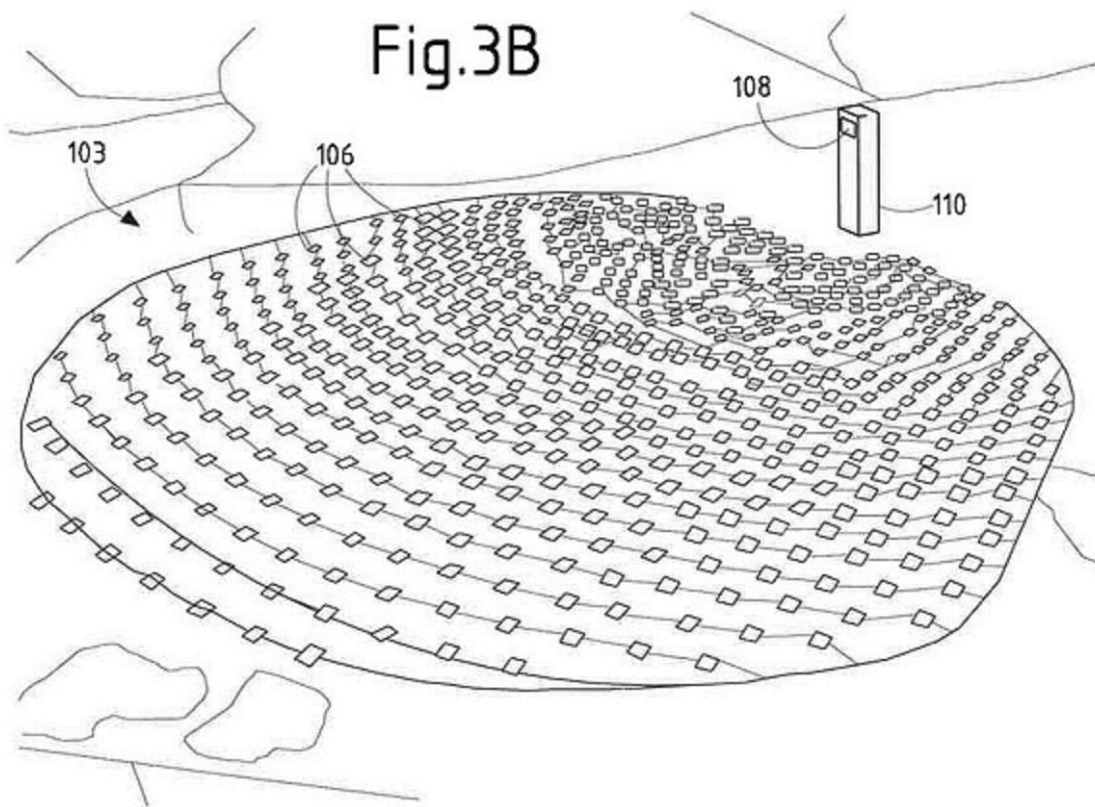
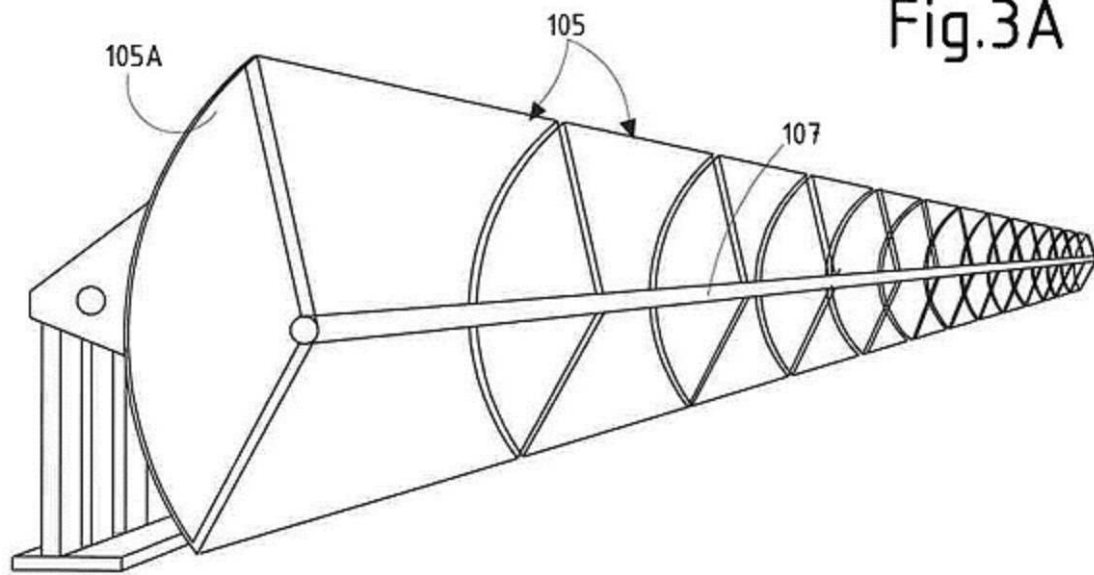
Fig.2



【 図 3 】

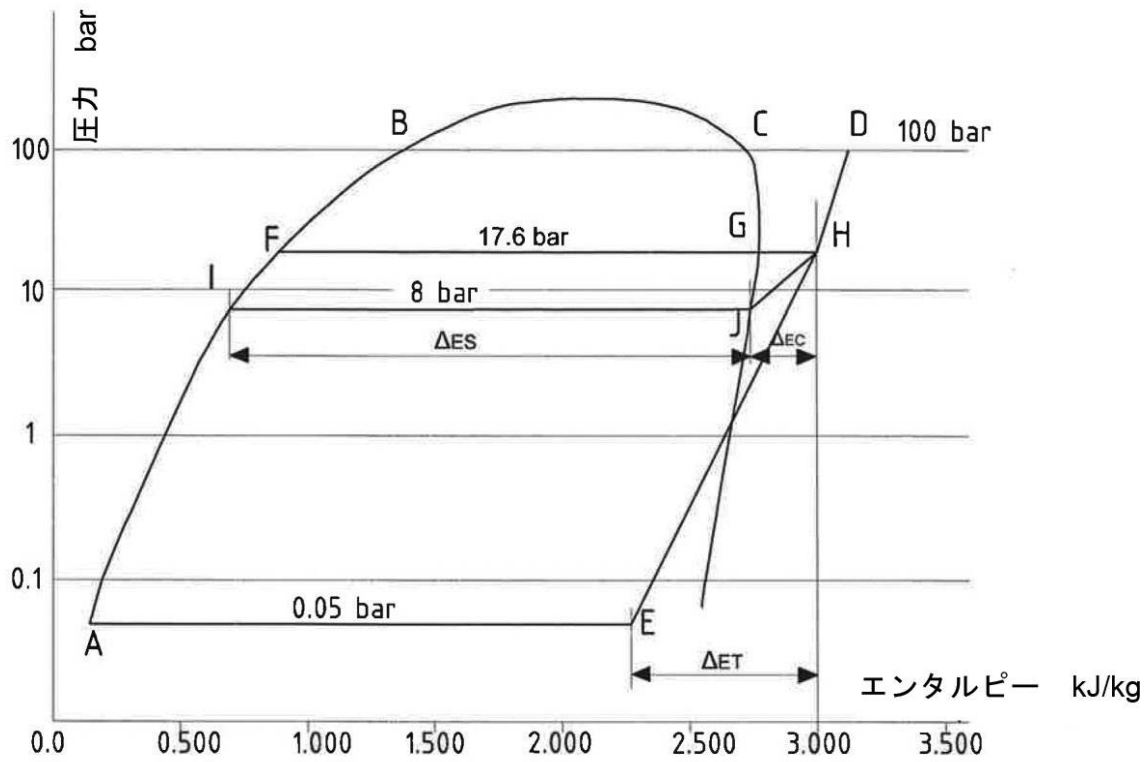


【図 3 A - 3 B】



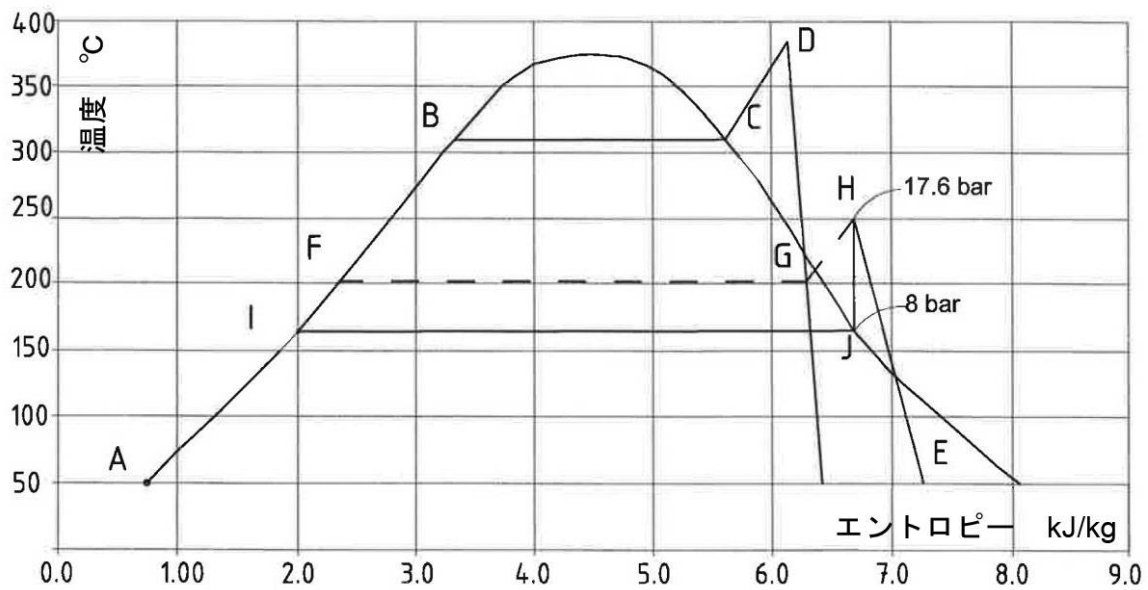
【図 4】

Fig.4



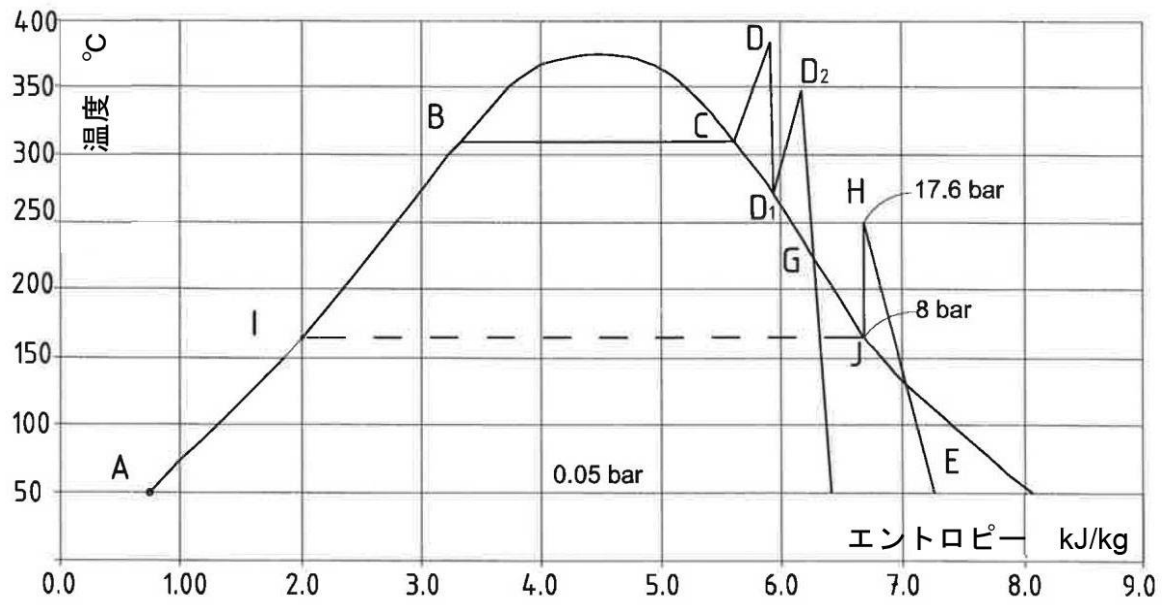
【図 5】

Fig.5



【図 6】

Fig.6



【図 7】

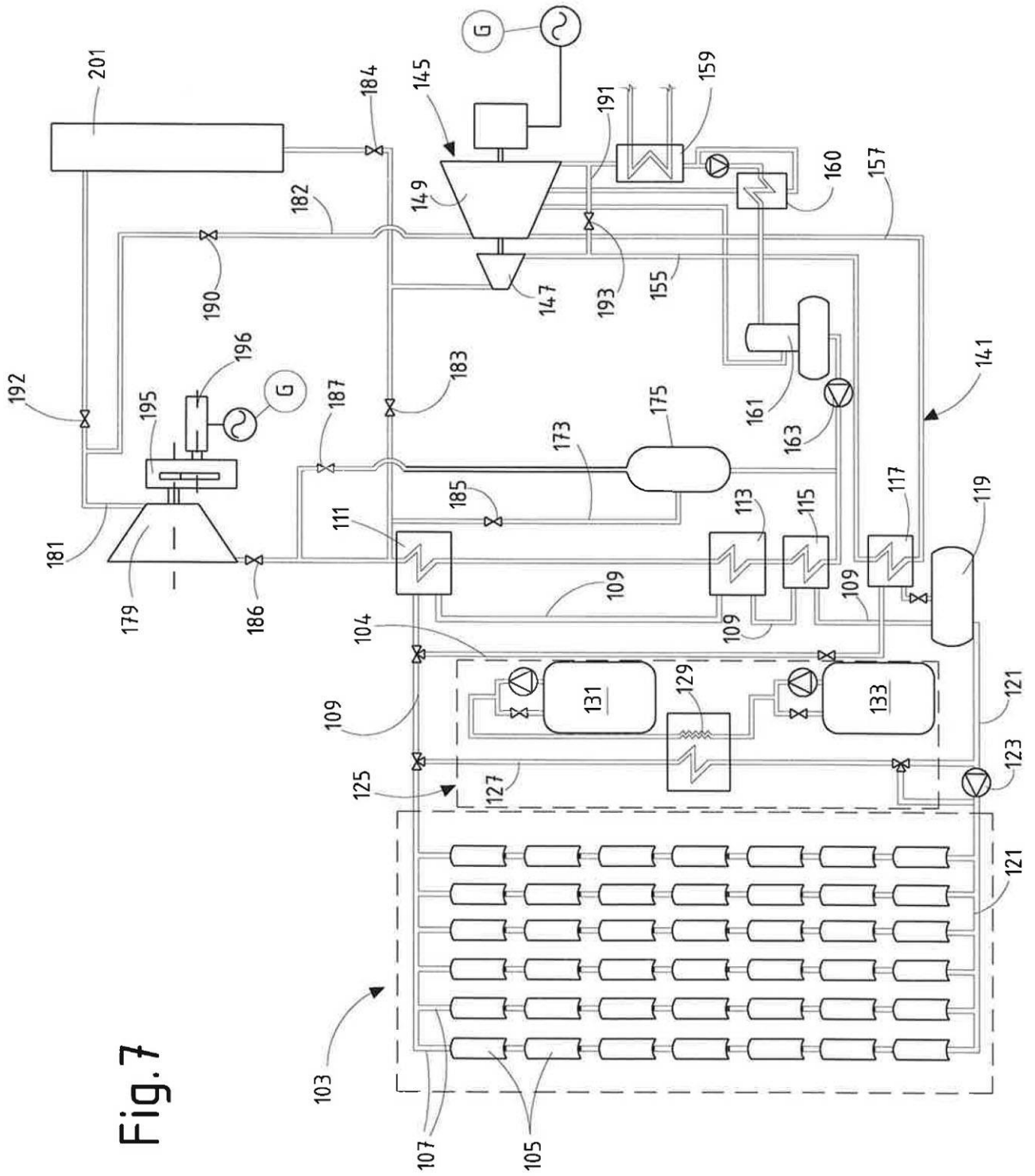
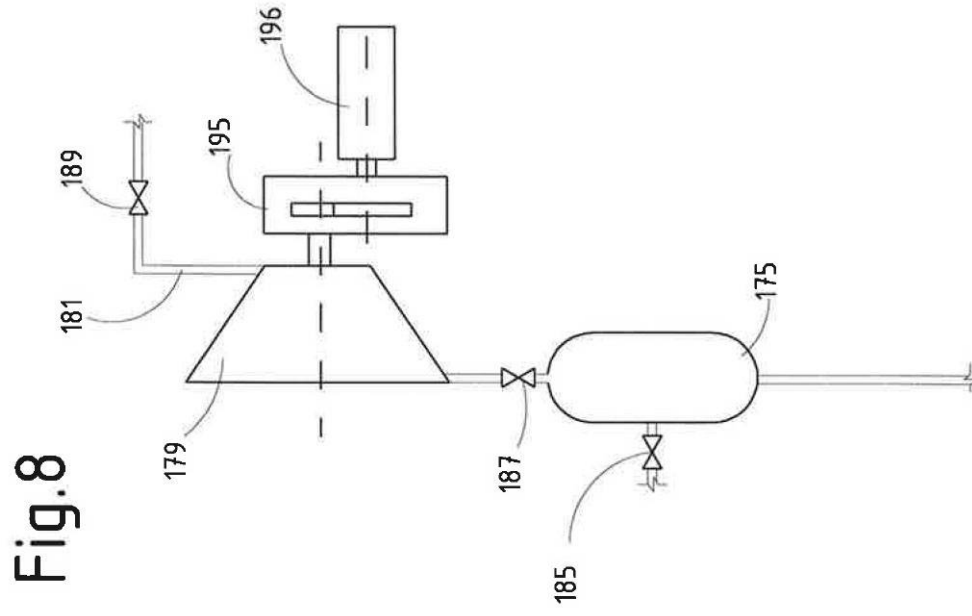
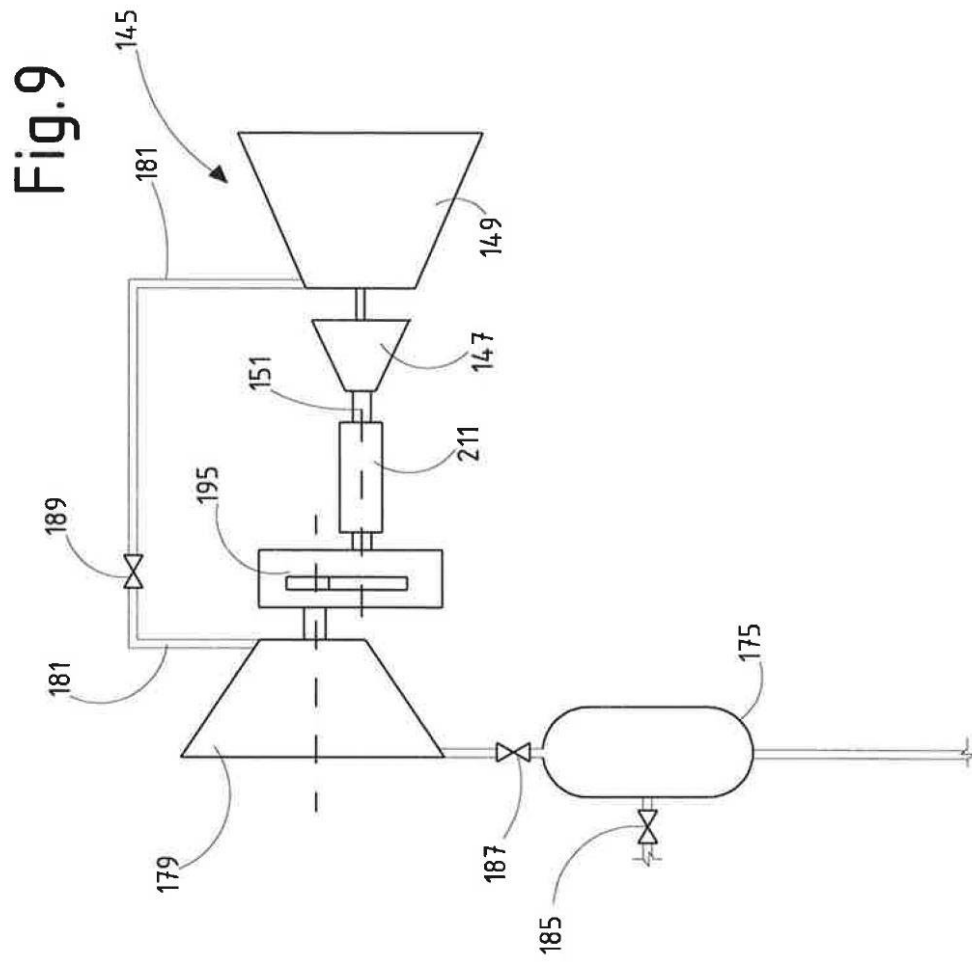


Fig. 7

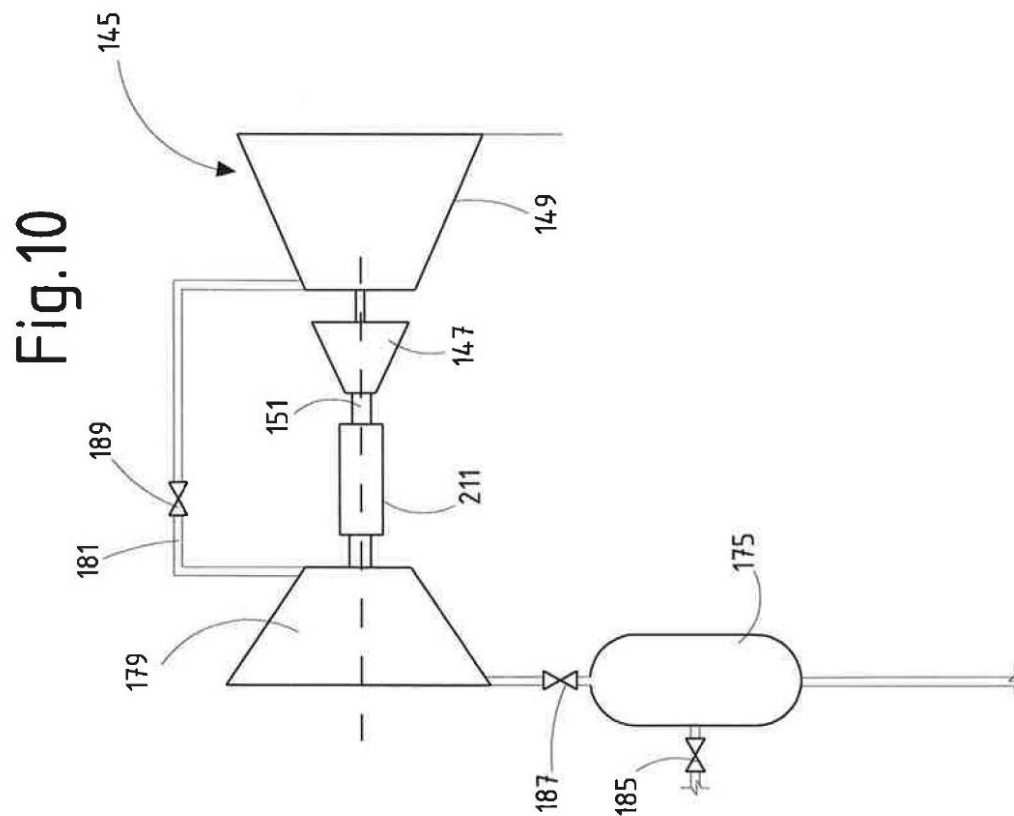
【図 8】



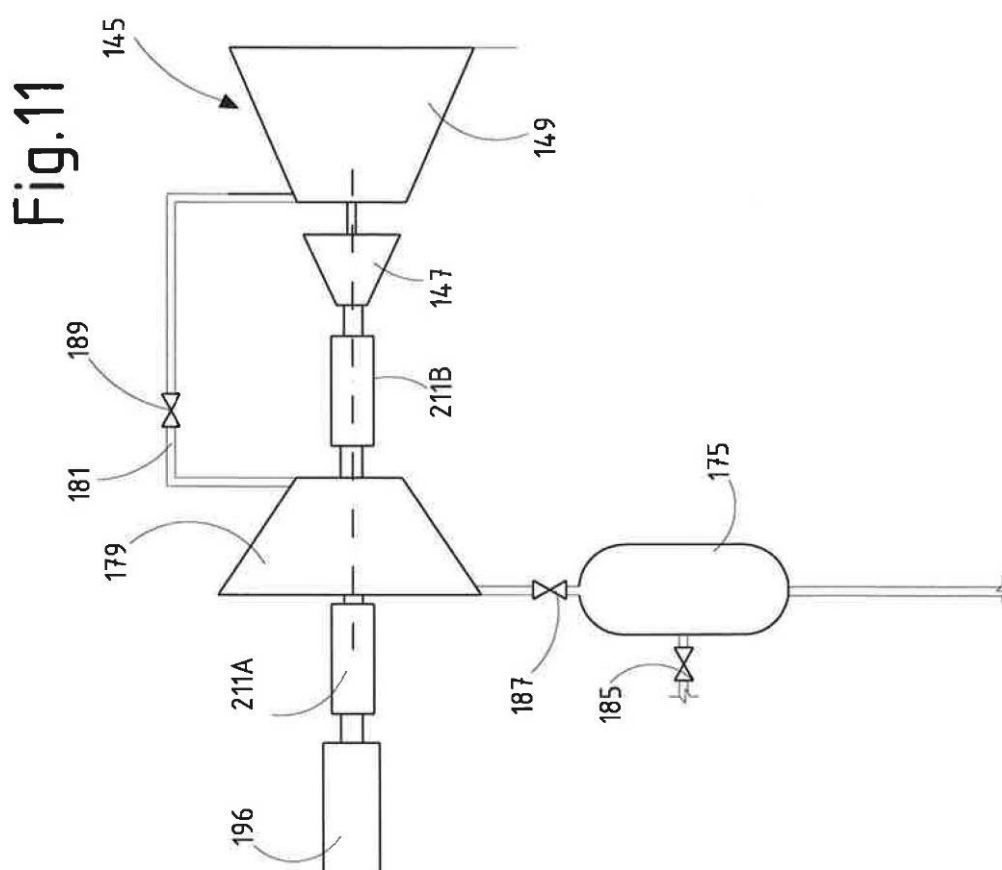
【図 9】



【図10】

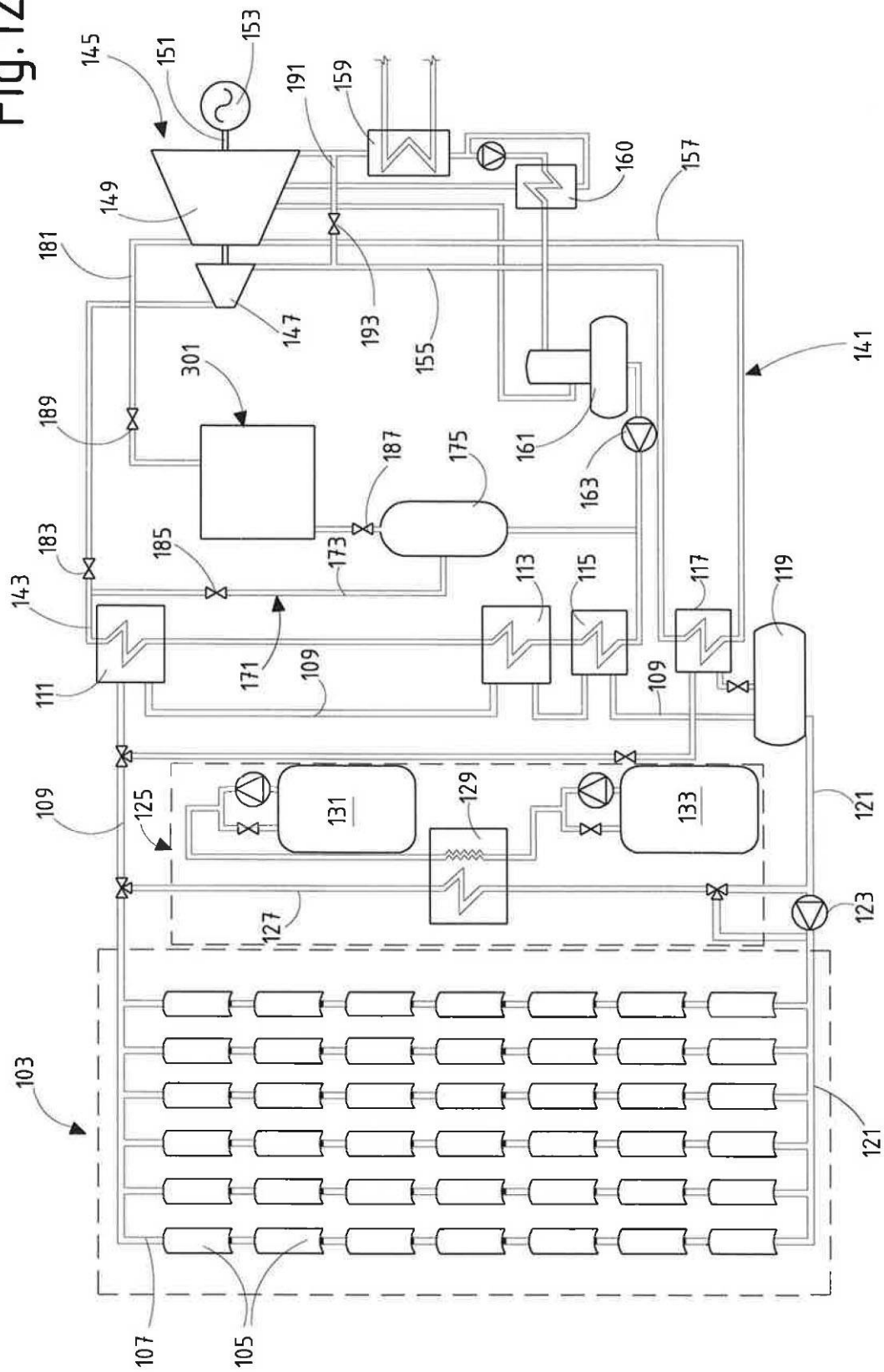


【図11】



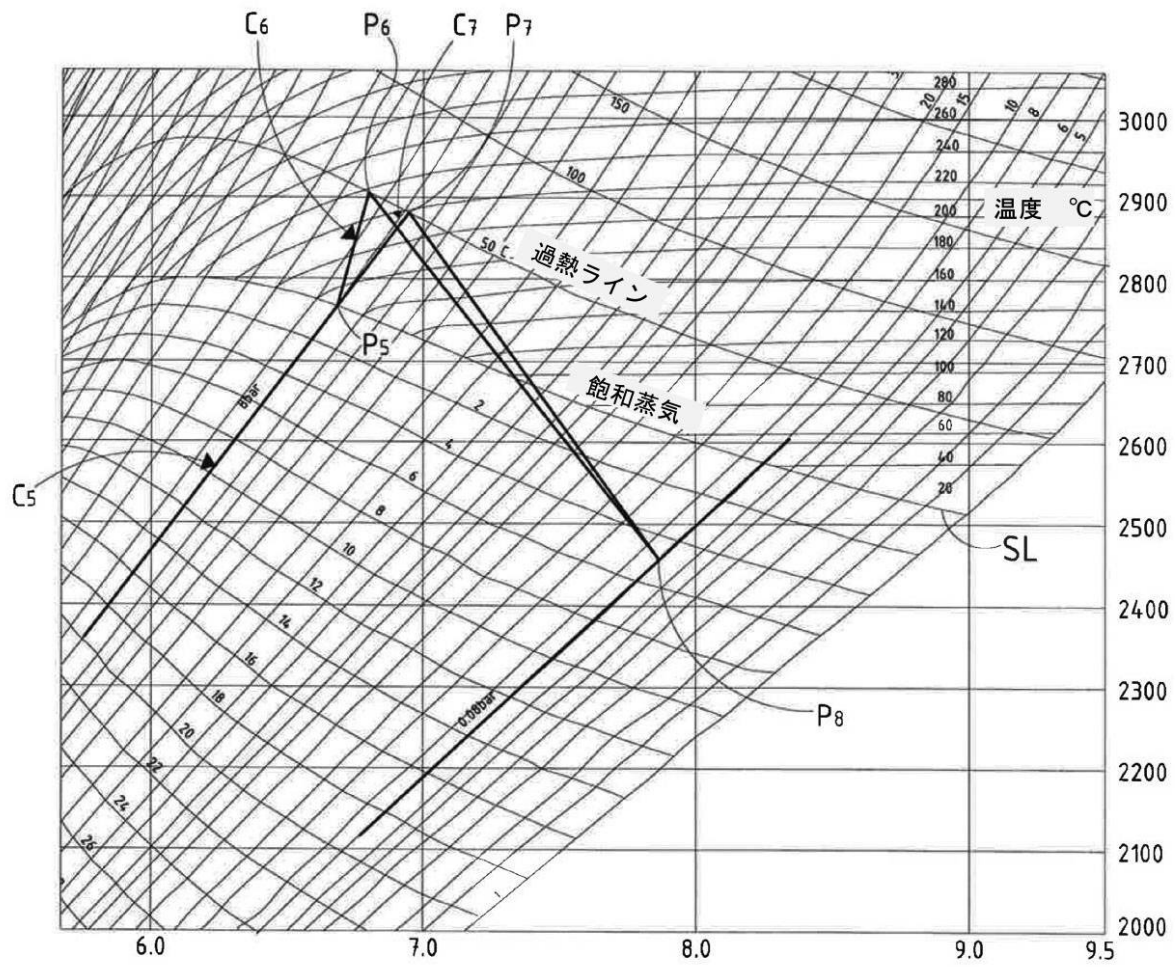
【図 12】

Fig.12



【図 13】

Fig.13



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/075719

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F01K3/00 F01K7/22 F01K25/08 F22B1/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01K F22B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GEYER UND H KLAISS M: "194 MW Solarstrom mit Rinnenkollektoren", BWK BRENNSTOFF WARME KRAFT, SPRINGER VDI VERLAG, DUSSELDORF, DE, vol. 41, no. 6, 1 June 1989 (1989-06-01), pages 288-295, XP002124842, ISSN: 1618-193X page 287, middle column, line 9 - page 289, left-hand column, line 14; figures 2b,2c	1-9, 13-17, 20-22
A	----- WO 2010/052172 A1 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]; OLWIG RALF [DE]; SATTLER CHRISTIA) 14 May 2010 (2010-05-14) page 3, paragraph 3 page 7, line 1 - page 10, line 12; figure 3 ----- -/-	1-8, 10-16, 18-21

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 January 2014

Date of mailing of the international search report

21/01/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Henkes, Roeland

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/075719

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	W0 2010/149614 A2 (SIEMENS AG [DE]; BIRNBAUM JUERGEN [DE]; FICHTNER MARKUS [DE]; REISSIG) 29 December 2010 (2010-12-29) page 2, line 19 - page 7, line 33; figures page 9, line 32 - page 21, line 28; figures -----	1-5,7,8, 13-16,21
A	US 5 361 585 A (WESTPHAL BERND A K [US] ET AL) 8 November 1994 (1994-11-08) column 3, line 8 - column 4, line 42; figures -----	6,9,17, 22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/075719

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2010052172 A1	14-05-2010	DE 102009007915 A1 US 2011198208 A1 WO 2010052172 A1	20-05-2010 18-08-2011 14-05-2010
WO 2010149614 A2	29-12-2010	AU 2010264818 A1 CN 102803722 A EP 2446121 A2 US 2012137683 A1 WO 2010149614 A2	08-12-2011 28-11-2012 02-05-2012 07-06-2012 29-12-2010
US 5361585 A	08-11-1994	NONE	

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

F 2 4 J 2/42

H

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(72)発明者 ナーンブリ, アディ・ナラヤーナ

インド共和国、カルナータカ州・560066、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フリーディ・ヴィレッジ、イーピーアイピー・フェーズ2、プロット122番、ジーイー・ビーイーシー・ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 コサマナ, パースカラ

インド共和国、カルナータカ州・560066、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フリーディ・ヴィレッジ、イーピーアイピー・フェーズ2、プロット122番、ジーイー・ビーイーシー・ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

(72)発明者 ゴヴィンダサミ, ラケシュ

インド共和国、カルナータカ州・560066、バンガロール、ホワイトフィールド・ロード、フリーディ・ヴィレッジ、イーピーアイピー・フェーズ2、プロット122番、ジーイー・ビーイーシー・ジョン・エフ・ウェルチ・テクノロジー・センター

Fターム(参考) 3G081 BA01 BA02 BA20 BC17 DA03